

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
«Харківський політехнічний інститут»

МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ
ДЛЯ ВИКОНАННЯ ЛАБОРАТОРНОЇ РОБОТИ

ВИЗНАЧЕННЯ ХАРАКТЕРИСТИК РЕГЕНЕРАТИВНОГО ТЕПЛО-
ОБМІННОГО АПАРАТУ З ПРОМІЖНИМ ТЕПЛОНОСІЄМ

за курсом
«Процеси та апарати хімічних та харчових виробництв»
для студентів хіміко-технологічних спеціальностей
та галузевого машинобудування
всіх форм навчання

Затверджено
редакційно-видавничою радою
університету, протокол № 1
від 16.01.2019

Методичні вказівки для виконання лабораторної роботи «Визначення характеристик регенеративного теплообмінного апарату з проміжним теплоносієм» за курсом «Процеси та апарати хімічних та харчових виробництв» : для студентів хіміко-технологічних спеціальностей та галузевого машинобудування всіх форм навчання / уклад.: Рябова І.Б., Горбунов К.О., Биканов С.М., Зінченко М.Г., Горбунова О.В. – Харків : НТУ «ХПІ», 2019. – 16 с.

Рецензент: Ведь В.Є.

Кафедра інтегрованих технологій, процесів і апаратів

Ціль роботи: визначення ефективної теплопровідності теплової труби й порівняння її з теплопровідністю металів.

Основні завдання роботи:

- вивчення механізмів переносу теплової енергії;
- вивчення принципу дії та устрою теплових труб;
- експериментальне визначення коефіцієнта ефективної теплопровідності теплової труби й порівняння його з коефіцієнтом теплопровідності металів;
- вивчення основних способів практичного застосування теплових труб.

1. Основні теоретичні відомості

Перенос енергії у формі тепла, що відбувається між тілами, що мають різну температуру, називається теплообміном. Рушійною силою будь-якого процесу теплообміну є різниця температур між більше нагрітим і менш нагрітим тілом, при наявності якої тепло спонтанно, у відповідності із другим законом термодинаміки, переходить від більше нагрітого до менш нагрітого тіла.

Тіла, що беруть участь у процесі теплообміну, називаються теплоносіями.

Теплопередача – наука про процеси поширення тепла. Закони теплопередачі лежать в основі теплових процесів – нагрівання, охолодження, конденсації пари, випарювання – і мають велике значення для проведення багатьох масообмінних (процеси перегонки, сушіння та ін.), а також реакційних процесів хімічної технології, що протікають із підведенням або відводом тепла.

Розрізняють три принципово різних елементарних способи поширення тепла: теплопровідність, конвекцію й променистий теплообмін.

Теплопровідність являє собою перенос тепла внаслідок безладного (теплого) руху мікрочастинок, що безпосередньо стикаються одна з одною. Цей рух може бути або рухом самих молекул (гази, краплинні рідини), або коливанням атомів (у кристалічних ґратках твердих тіл), або дифузією вільних електронів (у металах). Перенос теплоти тільки теплопровідністю має місце лише у твердих непористих тілах або в тонких нерухомих шарах текучих середовищ (краплинних рідин, газів або пари).

В основі теорії теплопровідності лежить **закон Фур'є**, що зв'язує кількість теплоти, яка переноситься усередині тіла з існуючим температурним

полем. Відповідно до цього закону кількість тепла $|dQ|$, передана за допомогою теплопровідності, пропорційно спаду температури по нормалі $\left|\frac{\partial t}{\partial n}\right|$, часу $d\tau$ й площі перетину dF , перпендикулярного напрямку поширення тепла:

$$|dQ| = \lambda \left|\frac{\partial t}{\partial n}\right| dF d\tau \quad (1.1)$$

або
$$|q| = \lambda \left|\frac{\partial t}{\partial n}\right| = \lambda |\text{grad } t|.$$

Величини $|dQ|$ й $\left|\frac{\partial t}{\partial n}\right|$ мають той або інший знак залежно від прийнятого напрямку нормалі. Якщо за позитивний напрямок прийнятий напрямок теплового потоку вбік зменшення температур, то $\left|\frac{\partial t}{\partial n}\right|$ має від'ємне значення, тому що напрямки теплового потоку й градієнта температур не збігаються. Тоді

$$dQ = -\lambda \frac{\partial t}{\partial n} dF d\tau \quad (1.2)$$

або
$$q = -\lambda \frac{\partial t}{\partial n}.$$

Коефіцієнт пропорційності λ у рівняннях (1.1) і (1.2) є коефіцієнтом теплопровідності і показує, яке кількість теплоти передається в одиницю часу через одиницю поверхні теплообміну при спаді температури на 1 К на одиницю довжини нормалі до ізотермічної поверхні:

$$[\lambda] = \left[\frac{Q}{F \tau \Delta t / l} \right] = \left[\frac{\text{Дж}}{\text{м}^2 \cdot \text{с} \cdot \text{К} / \text{м}} \right] = \left[\frac{\text{Вт}}{\text{м} \cdot \text{К}} \right],$$

де (l – лінійний розмір, м).

Значення коефіцієнтів теплопровідності залежить від структури, питомого об'єму, вологості, тиску і температури. Чисельні значення λ визначаються дослідним шляхом. Для найпоширеніших речовин ці значення приводяться в довідковій літературі. При виборі з довідкових таблиць варто врахо-

вувати відповідність фізичних властивостей речовини – структуру, вологість, температуру й т.п. – і при необхідності вводити виправлення.

Коефіцієнт теплопровідності є однієї з найважливіших тепло-фізичних характеристик речовини. Найбільші значення він має у металів, а серед них у срібла, міді, золота, алюмінію. У зв'язку із цим, одним з найпоширеніших конструкційних матеріалів у теплоенергетичних пристроях, є мідь і її сплави.

З формули (1.1) видно, що чим більше коефіцієнти теплопровідності, тим менші перепади температури потрібні для передачі тієї самої кількості теплоти. Або, інакше кажучи, чим більше ці коефіцієнти, тим більша кількість теплоти передається при всіх інших рівних умовах, тобто теплопередавальний пристрій працює більш ефективно.

Конвекцією називається перенос тепла внаслідок руху й перемішування макроскопічних обсягів газу або рідини.

Перенос тепла можливий в умовах природної, або вільної, конвекції, обумовленою різницею густин у різних точках об'єму рідини (газу), що виникає внаслідок різниці температур у цих точках або в умовах змущеної конвекції (примусовій течії всього об'єму рідини), наприклад, перекачуванні насосами або перемішуванні рідин мішалками.

При природній конвекції інтенсивність переносу теплоти досить низька, та й зустрічається вона в реальних технічних пристроях досить рідко.

У більшості випадків, при звичайно прийнятих для промислових апаратів значеннях швидкостей руху потоків, має місце примусова конвекція. У цьому випадку інтенсивність переносу теплоти значно перевершує перенос теплоти за рахунок теплопровідності. Однак поблизу нерухомої твердої поверхні, де швидкість в'язкої рідини швидко зменшується до нульового значення на самій поверхні, співвідношення інтенсивностей переносу теплоти істотно змінюється на користь теплопровідності.

Теплове випромінювання – це випромінювання електромагнітних хвиль одним тілом і поглинання випромінювання іншим тілом.

Всі тіла здатні випромінювати енергію, що поглинається іншими тілами й знову перетворюється в тепло. Таким чином променистий теплообмін складається із процесів *випромінювання й поглинання енергії*.

Тверді й рідкі тіла випромінюють електромагнітну енергію своєю поверхнею у всьому діапазоні довжин хвиль, однак інтенсивність випромінювання істотно залежить від довжини хвилі. Аналогічно поверхні тіл поглинають

не все випромінювання однаковою мірою. Наприклад, вода й інші, порівняно прозорі рідини, а також деякі тверді тіла типу скла, практично не поглинають світлову частину спектра своєю поверхнею.

Гази й пари випромінюють і поглинають випромінювання в певних ділянках (смугах) спектра електромагнітних хвиль, причому випромінювання й поглинання виробляється одночасно всім обсягом газу або пари.

У реальних умовах тепло передається не яким-небудь одним із зазначених вище способів, а комбінованим шляхом. Наприклад, при теплообміні між твердою стінкою й газовим середовищем тепло передається одночасно конвекцією, теплопровідністю й випромінюванням. Перенос тепла від стінки до газоподібного (рідкого) середовища або у зворотному напрямку називається *тепловіддачею*.

Ще більш складним є процес передачі тепла від більше нагрітої до менш нагрітої рідини (газу) через поділяючу їх поверхню або тверду стінку. Цей процес називають *теплопередачею*.

В процесі теплопередачі перенос тепла конвекцією супроводжують теплопровідність і теплообмін випромінюванням. Однак для конкретних умов звичайно переважним є один з видів поширення тепла.

У безперервно діючих апаратах температури в різних точках не змінюються в часі й процеси теплообміну є сталими (стаціонарними). У періодично діючих апаратах, де температури міняються в часі (при нагріванні або охолодженні), здійснюються несталі, або нестаціонарні, процеси теплообміну.

Ефективне рішення проблем теплообміну значною мірою забезпечує й загальну ефективність теплоенергетичних систем і установок. Одним з таких рішень часто є використання оригінальних теплопередаючих пристроїв, названих тепловими трубами.

Уперше ідея теплової труби була запропонована американським інженером Гоглером в 1942 році. Але тільки на початку 60-х років, після того як інший американський вчений Гровер незалежно від Гоглера знову винайшов і в 1963 році запатентував її, теплові труби одержали інтенсивний розвиток. До теперішнього часу створені тисячі модифікацій теплових труб з різними функціями й для різноманітних застосувань.

Теплова труба (ТТ) являє собою пристрій, що має дуже високу здатність до передачі теплоти. Якщо характеризувати її еквівалентним коефіцієнтом теплопровідності, то він виявляється в сотні разів більше, ніж у міді. Конструктивно теплова труба являє собою герметичний сосуд (найчастіше

циліндричну трубу), заповнений рідиною – теплоносієм. Висока її здатність до теплопередачі досягається за рахунок того, що в ТТ здійснюється конвективне перенесення теплоти, супроводжуване фазовими переходами (випарюванням і конденсацією) рідини-теплоносія. При підведенні теплоти до одного кінця ТТ рідина нагрівається, закипає й перетворюється в пару (випаровується). При цьому вона поглинає велику кількість теплоти (теплота паротворення), що переноситься паром до іншого більш холодного кінця ТТ, де пар конденсується й віддає поглинену теплоту. Далі сконденсована рідина знову повертається в зону випарювання. Це повернення може здійснюватися різними способами. Найпростіший з них полягає у використанні сили ваги. При вертикальному розташуванні ТТ, коли зона конденсації перебуває вище зони випару, рідина стікає вниз безпосередньо під дією сили ваги. Такий варіант ТТ називається термосифоном. Природно, ефективність роботи термосифона залежить від його орієнтації щодо напрямку сили ваги. Для виключення цього недоліку в найпоширеніших типах теплових труб для повернення рідини в зону випарювання використовуються капілярні ефекти. Для цього на внутрішній поверхні ТТ розташовують шар капілярно-пористої структури (гніт), по якому під дією капілярних сил і відбувається зворотний рух рідини.

Принципова схема ТТ із гнітом зображена на рис. 1.1.

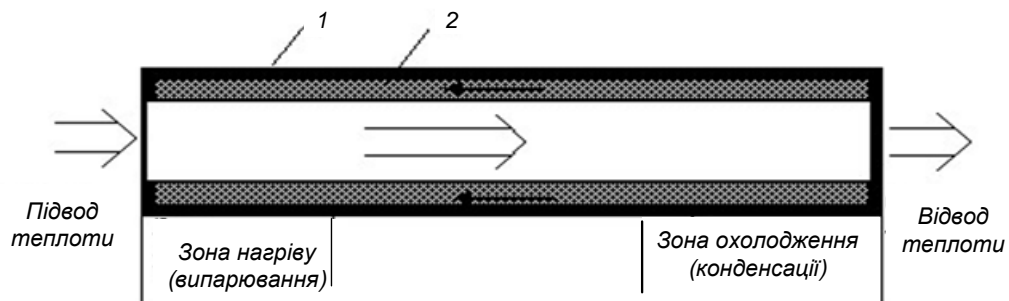


Рисунок 1.1 – Принципова схема теплової труби:

1 – корпус, 2 – капілярно-пористий шар (гніт);

⇒ – напрямок руху пари (напрямок переносу теплоти);

← – напрямок руху рідини (конденсату)

Основними перевагами таких теплових труб є:

- висока ефективність теплообміну;
- автономність роботи;
- мала вага й габарити;
- висока надійність;
- можливість реалізації складних теплових процесів;
- висока ізотермічність поверхні труби.

Теплова труба може мати різні форми й габарити. Внутрішній діаметр труб становить від декількох міліметрів до десятка сантиметрів, довжина – до декількох метрів. Для виготовлення корпусів і капілярних структур (гнотів) використовують скло, кераміку, різні метали й сплави. Як рідина-теплоносії для низькотемпературних труб ($-60 \div 200$) °С, застосовують рідини, що легко випаровуються (ацетон, аміак, фреони). Для труб, що працюють при високих температурах ($250 \div 2300$) °С, застосовують воду, різні метали (ртуть, індій, цезій, калій, натрій, літій, свинець, срібло, вісмут), а також неорганічні солі.

Характерними областями застосування теплових труб є енергетика, машинобудування, електроніка, хімічна промисловість, сільське господарство. Широке застосування знаходять теплові труби при забезпеченні теплових режимів космічних апаратів, для охолодження електронних приладів і систем, для створення регенеративних теплообмінників.

Теплопередаючі труби застосовують у тих випадках, коли необхідно з відносно малих площ теплопередачі знімати великі теплові навантаження (для створення систем термостабілізації різних об'єктів і т.п.). При цьому варто враховувати, що стадіями, що лімітують, процес теплопереносу в апаратах з тепловими трубами звичайно є підведення теплоти до зовнішньої поверхні зони випарювання й відвід теплоти від зовнішньої поверхні зони конденсації. Крім того, можливі обмеження застосування теплових труб внаслідок високого термічного опору матеріалу гнота. Тому іноді роль гнота виконують дрібні поздовжні канавки різної форми на внутрішній стінці теплової труби, що істотно ускладнює конструкцію цих пристроїв і збільшує гідравлічний опір при русі рідини уздовж канавок.

2. Опис експериментальної установки

Основними елементами лабораторної установки (рис. 2.1) є укріплена на штатив ТТ із гнотом (рис. 1.1), виготовлена з мідної трубки прямокутного перетину $13 \times 7,5$ мм, товщиною стінки 0,5 мм, довжиною 500 мм. Заповнена ТТ ацетоном.

На одному з кінців труби встановлений електричний нагрівач *БН*, на який подається електрична напруга від джерела живлення *ДЖ*. Теплова потужність нагрівача W (Вт) розраховується за формулою:

$$W = I \cdot U, \quad (2.1)$$

де I – струм, який вимірюється амперметром, A ; U – напруга джерела живлення, $U = 12V$.

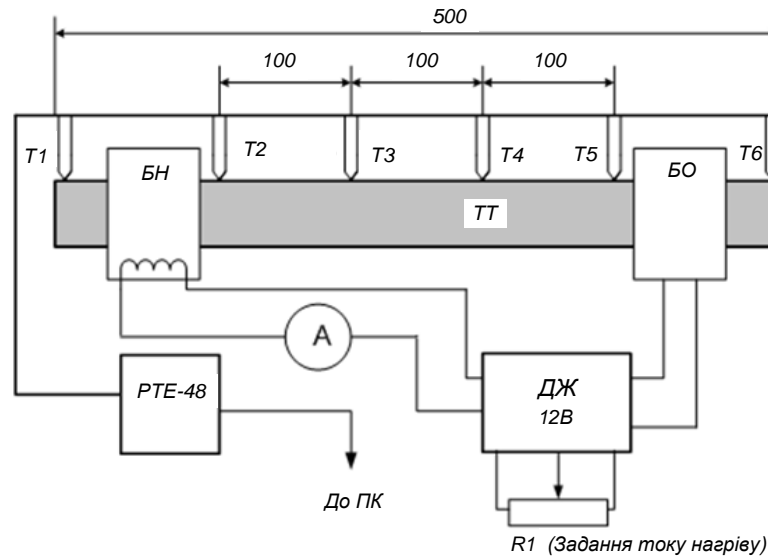


Рисунок 2.1 – Схема експериментальної установки

Величина струму нагрівання задається за допомогою регулятора $R1$. Протилежний кінець кінці теплової труби має блок повітряного охолодження $БО$.

По довжині труби встановлені шість датчиків температури (рівномірно розташованих по довжині з інтервалом 100 мм) для визначення температури у відповідних точках. Значення температур (**збільшені в десять разів!**), показує вимірювальний прилад $PTE-4.8$. Запис показань може вестися вручну або на $ПК$.


3. Методика виконання роботи

До виконання лабораторної роботи дозволяється приступати тільки з дозволу викладача, після ретельного ознайомлення з даними методичними вказівками!

1. Установити на штатив теплову трубу в горизонтальне положення. Підключити рознімання до джерела живлення $ДЖ$.

2. Включити установки тумблером « $МЕРЕЖА$ » перевівши його у верхнє положення $ОН$. Стан «*Включений*» індикуюється включенням приладу $PTE-4.8$. На індикаторах приладу висвічується **збільшена в десять разів** поточна температура у всіх контрольних точках ($T_1 - T_6$).

3. Перевести тумблер «НАГРІВАННЯ» у верхнє положення (даний тумблер призначений також для аварійного відключення нагрівання у випадку, якщо не спрацює автоматичне відключення при аварійному перевищенні температури).

4. Нажати кнопку пуск  на приладі PTE-4.8. На цифрових індикаторах приладу буде висвічуватись послідовне значення **збільшених в десять разів** температури в кожній із шести точок.

5. Потенціометром *RI* встановити заданий викладачем струм нагрівання ($1 \div 2$ А).

У приладі задане обмеження максимальної температури нагрівання 70 ± 0.5 °С. При цій температурі буде спрацьовувати реле, що відключає нагрівання.

6. Через кожні 2 хвилини (до виходу на стаціонарний режим) знімати показання з кожного із шести датчиків температури й заносити їх у табл. 3.1.

Таблиця 3.1 – Протокол випробувань

Потужність нагрівача, Вт						
Номер датчика температури	1	2	3	4	5	6
Час, хв.	Показання температури, °С					
2						
4						
...						
Коефіцієнт ефективної теплопровідності, Вт/(м·К)	λ_{ef}					

Якщо викладачем задане поглиблене вивчення роботи теплової труби, повернути теплову трубу на 90° (щодо своєї осі в положення, коли нагрівач буде внизу й угорі труби. Зняти показання розподілу температури в цих положеннях так само як і при горизонтальному положенні теплової труби.

4. Обробка експериментальних даних

При обробці експериментальних даних вважати, що вся споживана нагрівачами електрична потужність W перетворюється в теплову й повністю передається через TT . (При цьому нехтують втратами теплоти через їх бокові теплоізовані поверхні). Тоді кількість теплоти, передана через поперечний переріз теплової труби в одиницю часу, дорівнює потужності нагрівачів:

$$W = Q/\Delta\tau. \quad (4.1)$$

де W – потужність нагрівання, Вт; Q – кількість теплоти переданої через поперечний переріз труби, Дж; τ – час, с.

З обліком цього, формули (1.1) і (1.2) для обчислення ефективних коефіцієнтів теплопровідності приймуть вигляд

$$\lambda_{ef} = \frac{W}{F \text{ grad } t} \quad (4.2)$$

де F – площа поперечного перерізу труби, $F = 0,975 \cdot 10^{-4} \text{ м}^2$; $\text{grad } t = \frac{\Delta t}{l}$ – градієнт температури; $\Delta t = t_2 - t_5$ – різниця температур в точках 2 і 5, °С; l – відстань між точками виміру температури, $l = 0,3 \text{ м}$.

Примітка:

Обчислений коефіцієнт теплопровідності для теплової труби λ_{ef} має деяке ефективне значення, оскільки основним механізмом переносу теплоти в ньому є не теплопровідність, а конвекція. Проте, цю величину застосовують для порівняльної оцінки ефективності теплових труб і однорідних конструкційних матеріалів.

1. Використовуючи експериментальні дані, обчислити за формулою (4.2) коефіцієнти теплопровідності $\lambda_{ef(i)}$ для теплової труби й занести їх у табл. 3.1. (Зрівняти значення коефіцієнтів теплопровідності ТТ, різних металів і зробити висновки).

2. Побудувати графік залежності температури ТТ у часі (за показниками термопар t_3 або t_4). Зробити висновки про час виходу на стаціонарний режим роботи ТТ.

3. Побудувати графік розподілу температур по довжині ТТ у стаціонарному режимі за показниками всіх термопар. Зробити висновок про розподіл температури уздовж ТТ.

5. Питання для самоконтролю

1. Методика виконання лабораторної роботи.
2. Способи переносу теплоти.
3. Дайте визначення поняттю теплопровідність.
4. Дайте визначення поняттю конвекція.
5. Дайте визначення поняттю теплове випромінювання.
6. Запишіть рівняння теплопровідності.
7. Зобразите схему устрою теплової труби.

8. Принцип роботи теплової труби.
9. Які основні переваги теплової труби?
10. Зробіть аналіз отриманих експериментальних даних.

Список використаної літератури

1. Ивановский М. Н. Сорокин В. П., Ягодкин И.В. Физические основы тепловых труб. – М.; Атомиздат, 1978, 256 с.
2. Дытнерский Ю.И. Процессы и аппараты химической технологии: Учебник для вузов. Изд. 2-е. В 2-х кн.: Часть 1. Теоретические основы процессов химической технологии. Гидромеханические и тепловые процессы и аппараты. М.: Химия, 1995.– 400 с: ил.
3. Товажнянский Л.Л., Готлинская А.П. и др. Процессы и аппараты химической технологии.: Учебник. В двух частях. Часть 1 /под общ. ред. Л.Л. Товажнянского. – Харьков: НТУ «ХПИ». 2004. – 632 с.: ил.
4. Касаткин А.Г. Основные процессы и аппараты химической технологии. – М.: Химия, 1971. 784 с.
5. Таблицы, расчетные номограммы и диаграммы по курсу «Процессы и аппараты химической технологии», справочно-методическое пособие / Товажнянский Л.Л., Лещенко В.А. и др. – Харьков: НТУ «ХПИ», 2003. – 96 с.

Додатки

Таблиця Д1 – Коефіцієнти теплопровідності деяких матеріалів при 0–100 °С

Матеріал	Густина (для сипучих матеріалів насипна густина), кг/м ³	Коефіцієнт теплопровідності, Вт/(м· К)
Азбест	600	0,151
Бетон	2300	1,28
Вініпласт	1380	0,163
Повсть вовняний	300	0,047
Деревина поперек волокон	600	0,140–0,174
» » уздовж волокон	600	0,384
Кладка зі звичайної цегли	1700	0,698–0,814
» » вогнетривкої цегли	1840	0,05 *
» » ізоляційної цегли	600	0,116–0,209
Фарба масляна	—	0,233
Лід	920	2,33
Лиття кам'яне	3000	0,698
Магnezія 85 % у порошку	216	0,070
Накип, водяний камінь	—	1,163–3,49
Тирса деревна	230	0,070–0,093
Пінопласт	30	0,047
Пісок сухий	1500	0,349–0,814
Корковий дріб'язок	160	0,047
Іржа (окалина)	—	1,16
Совеліт	450	0,098
Скло	2500	0,698–0,814
Скляна вата	200	0,035–0,070
Текстоліт	1380	0,244
Торфоплити	220	0,064
Фаоліт	1730	0,419
Жужільна вата	250	0,076
Емаль	2350	0,872–1,163
Метали		
Алюміній	2700	203,5
Бронза	8000	64,0
Латунь	8500	93,0
Мідь	8800	384
Свинець	11400	34,9
Сталь	7850	46,5
» нержавіюча	7900	17,5
Чавун	7500	46,5–93,0

* При температурі 800-1100 °С.

Таблиця Д2 – Коефіцієнти теплопровідності рідин і водяних розчинів

Речовина	Концентрація, % мас.	Температура, °C	Коефіцієнт теплопровідності, Вт/(м·К)
BaCl ₂	21	32	0,58
KBr	40	32	0,50
KOH	21	32	0,58
	42	32	0,55
K ₂ SO ₄	10	32	0,60
KCl	15	32	0,58
	30	32	0,56
MgSO ₄	22	32	0,59
MgCl ₂	11	32	0,58
	29	32	0,52
CuSO ₄	18	32	0,58
NaBr	20	32	0,57
	40	32	0,54
NaCO ₃	10	32	0,58
NaCl	12,5	32	0,58
H ₂ SO ₄	30	32	0,52
	60	32	0,44
	90	32	0,35
HCl	12,5	32	0,52
	25	32	0,48
	38	32	0,44
Аміак рідкий	100	0	0,541
	100	100	0,314
Дихлоретан	100	0	0,1396
Оцтова кислота	50	0	0,314
	50	100	0,477
Хлорбензол	100	0	0,132
	100	100	0,1128
Хлороформ	100	0	0,142
	100	100	0,0919

Таблиця ДЗ – Коефіцієнти теплопровідності газів при $p = 1$ атм,
Вт/(м·К)

Газ	Температура, °С			
	0	50	100	200
Азот	0,0233	0,0267	0,0314	0,0384
Аміак	0,0209	0,0256	0,0314	—
Водень	0,1628	0,1861	0,2210	0,2559
Водяна пара	0,0163	0,0198	0,0244	0,0326
Повітря	0,0244	0,0279	0,0326	0,0395

Навчальне видання

Методичні вказівки для виконання лабораторної роботи «Визначення характеристик регенеративного теплообмінного апарату з проміжним теплоносієм» за курсом «Процеси та апарати хімічних та харчових виробництв» для студентів хіміко-технологічних спеціальностей та галузевого машинобудування всіх форм навчання

Українською мовою

Укладачі: РЯБОВА Ірина Борисівна

ГОРБУНОВ Костянтин Олександрович

ЗІНЧЕНКО Марина Георгіївна

БИКАНОВ Сергій Миколайович

ГОРБУНОВА Ольга Володимирівна

Відповідальний за випуск Ю.Б. Данилов

Роботу рекомендував до друку Ведь В.Є.

Редактор М.П. Єфремова

План 2018 р., поз. 122

Підписано до друку 06.03.2019. Формат 60х84 1/16. Папір офсетний. Riso-друк Гарнітура Times New Roman. Ум. друк. арк. 0,7. Обл.-вид. арк. 0,8. Наклад 100 прим. Зам. № Ціна договірна

.

Видавничий центр НТУ «ХП»

Свідцтво про державну реєстрацію ДК №3657 від 24.12.2009 р.

61002, Харків, вул. Фрунзе, 21

Друкарня НТУ «ХП» 61002, Харків, вул. Фрунзе, 21